

Antibacterial and antifungal properties of monarda (*Monarda L.*) essential oil on dominant soybean seed micromycetes

N. Kovalenko | G. Pospelova | Y. Dziuba | Y. Lavrskyi

Article info

Correspondence Author

N. Kovalenko

E-mail:

ninel.kovalenko2016@gmail.com

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str., Poltava,

36003, Ukraine

Citation: Kovalenko, N., Pospelova, G., Dziuba, Y., & Lavrskyi, Y. (2023). Antibacterial and antifungal properties of monarda (*Monarda L.*) essential oil on dominant soybean seed micromycetes. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 63–68. doi: 10.31210/spi2023.26.03.12

Manufacturers of plant protection products pay considerable attention to the development of biological preparations, the basis of which are natural substances with antimicrobial activity. Preparations based on plant extracts with fungicidal properties are already being used in Ukraine. They help to increase productivity, restore tissues, improve the assimilation of useful substances by cultures and have an antiviral effect. Interest in monarda is growing due to the high content of biologically active substances with antibacterial and antifungal properties in the essential oil. The goal of the work: study of morphobiological features of *Monarda fistulosa* L., *M. citriodora* Cerv.ex Lag. and *M. didyma* L., determination of antimicrobial and antifungal activity of essential oils of the studied plant species, clarification of their influence on dominant phytopathogens of agricultural plant seeds. The studied monard species are differ according to morphometric parameters, perianth color, smell, they are easily cultivated and are promising for cultivation in our zone in open ground. The analysis of the dynamics of the accumulation of essential oil in the above-ground organs of plants of various monarda species showed its minimum content in the budding phase (0.33 % on average over the years of research). The maximum content of essential oil was noted in the phase of mass flowering: in *M. fistulosa* – 1.8 %, *M. citriodora* – 1.5 % and *M. didyma* – 1.4 %. Studies have shown that the essential oils of *M. fistulosa*, *M. citriodora* and *M. didyma* have antibacterial activity against the genera *Xantomonas* and *Pseudomonas*. A higher activity of the essential oil of pipe monarda compared to other species was noted. The growth of bacteria of the genus *Pseudomonas* was recorded at a concentration of 0.0035 %, and the genus *Xantomonas* – 0.0017 %. As a result of the study of anti-fungal activity of the essential oil of the pipe monarda, a negative effect on the development of all studied fungi was revealed. The diameter of the zone of growth retardation was noted at the level of 19.7 to 10.1 mm, however, higher efficiency was registered in variants with concentrations of 1 % and 0.1 % against *Alternaria* spp. (19.7 and 18.1 mm) and *Aspergillus* spp. (19.6 and 17.5 mm). Fungi of the genus *Fusarium* were less sensitive to the biological agent and the diameter of the zone of growth retardation varied from 14.2 mm to 13.8 mm, according to concentrations of 1 % and 0.1 %. Reducing the concentration of essential oils to 0.01 % led to a decrease in the zone of growth retardation: *Alternaria* spp. – 15.5 mm, *Aspergillus* spp. – 15.0 mm, *Fusarium* spp. – 10.1 mm.

Keywords: medicinal plants, monard, essential oils, antibacterial, antifungal properties, bioactivity

Антибактеріальні та антифугальні властивості ефірної олії монарди (*Monarda L.*) щодо домінуючих мікроміцетів насіння сої

Н. П. Коваленко | Г. Д. Поспелова | Є. В. Дзюба | Є. О. Лаврський

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Все більше уваги виробники засобів захисту рослин приділяють розробці біологічних препаратів, основою яких є природні речовини з антимікробною активністю. В Україні вже застосовуються препарати на основі рослинних екстрактів, що володіють фунгіцидними властивостями. Вони сприяють підвищенню врожайності, відновленню ґрунту, покращенню засвоєння культурними рослинами корисних речовин і виявляють протівірусну дію. Зростає зацікавленість монардою через високий вміст в ефірній олії біологічно активних речовин з антибактеріальними та антифугальними властивостями. Мета роботи: вивчення морфобіологічних особливостей *Monarda fistulosa* L., *M. citriodora* Cerv.ex Lag. та *M. didyma* L., визначення антимікробної та антифугальної активності ефірних олій досліджуваних видів рослин, з'ясування їх впливу на домінуючі фітопатогени насіння сільськогосподарських рослин. Досліджувані види монарди відрізняються за морфометричними параметрами, кольором оцвіттини, запахом, легко культивуються і є перспективними для вирощування в нашій зоні у відкритому ґрунті. Аналіз динаміки накопичення ефірної олії в надземних органах рослин різних видів монарди показав мінімальний її вміст у фазі бутонізації (в середньому за роки досліджень 0,33 %). Максимальний вміст ефірної олії відмічався у фазі масового цвітіння: у *M. fistulosa* – 1,8 %, *M. citriodora* – 1,5 % і *M. didyma* – 1,4 %. Дослідженнями встановлено, що ефірні олії *M. fistulosa*, *M. citriodora*, і *M. didyma* володіють антибактеріальною активністю щодо родів *Xantomonas* і *Pseudomonas*. Відзначено більш високу активність ефірна олія монарди дудчастої порівняно з іншими видами. Ріст бактерій роду *Pseudomonas* реєструвався за концентрації 0,0035 %, а роду *Xantomonas* – 0,0017 %. В результаті дослідження антифугальної активності ефірної олії монарди дудчастої виявлено негативний вплив на розвиток всіх досліджуваних грибів. Діаметр зони затримки росту відмічався на рівні від 19,7 до 10,1 мм, проте більша ефективність реєструвалася у варіантах з концентраціями 1 % та 0,1 % проти *Alternaria* spp. (19,7 та 18,1 мм) і *Aspergillus* spp. (19,6 та 17,5 мм). Гриби роду *Fusarium* були менш чутливими до біологічного агенту і діаметр зони затримки росту змінювався від 14,2 мм до 13,8 мм відповідно до концентрацій 1 % та 0,1 %. Зменшення концентрації ефірної олій до 0,01 % призвело до зменшення зони затримки росту: *Alternaria* spp. – 15,5 мм, *Aspergillus* spp. – 15,0 мм, *Fusarium* spp. – 10,1 мм.

Ключові слова: лікарські рослини, монарда, ефірні олії, антибактеріальні властивості, протигрибкові властивості

Бібліографічний опис для цитування: Коваленко Н. П., Поспелова Г. Д., Дзюба Є. В., Лаврський Є. О. Антибактеріальні та антифугальні властивості ефірної олії монарди (*Monarda L.*) щодо домінуючих мікроміцетів насіння сої. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (3). С. 63–68.

Вступ

В останні десятиліття екологізація рослинництва та перехід на органічні форми господарювання стає світовим трендом. Все більше світові гіганти-виробники засобів захисту рослин приділяють увагу розробці біологічних препаратів. Тому нині актуально проводити пошук природних речовин з антимікробною активністю [3, 13].

В цьому ключі увагу науковців привертають лікарські рослини, біологічно активні речовини яких володіють фунгіцидними і бактерицидними властивостями. В аграрному секторі України вже застосовуються препарати на основі рослинних екстрактів, що діють за типом фунгіцидів, зміцнюючи при цьому захисні властивості рослин. Вони сприяють підвищенню врожайності, відновленню тканин, покращенню засвоєння культурами корисних речовин і виявляють противірусну дію [6, 5, 19].

Доведена ефективність використання не лише нативних екстрактів (ехінацеї пурпурової, цмину піщого, чорнобривців низеньких та ін.), а й ефірних олій лікарських рослин в контролі насіннєвих інфекцій. В Україні вже існують промислові плантації лікарських рослин, які можуть бути сировинною базою для розробки нових біопрепаратів і є усі передумови збільшення асортименту та площ рослин – джерел антимікробних компонентів.

Одне з перших місць серед рослин за своїми бактерицидними властивостями займає монарда. Назву рід отримав на честь іспанського лікаря Ніколаса Батіста Монардеса, який вперше описав рослину після того, як вона була завезена в Іспанію на початку XVI ст. Походить рослина із Північної Америки та Канади. У світовій флорі налічується 20 видів роду Монарда (*Monarda* L.), родини *Lamiaceae*. Поширена у сухих районах, зростає на гірських схилах, а вологолюбні види займають вологі луки та лісові галявини. В Україні найбільш відомими є три види: монарда дудчаста (*Monarda fistulosa* L.), монарда лимонна (*Monarda citriodora* Cerv.ex Lag) та монарда двійчаста (*Monarda didyma* L.). Все більшої популярності набуває її вирощування як декоративної, лікарської, ефіро-олійної та пряно-ароматичної рослини, внаслідок цього у багатьох країнах Європи та Америки види роду Монарда введені в культуру [2, 11, 21].

Зацікавленість цією рослиною зростає через вміст у ній ефірної олії, масова частка якої за даними різних літературних джерел коливається від 0,51 до 2,80 % при перерахунку на абсолютно суху сировину [2, 11]. На сьогоднішній день ідентифіковано понад 40 компонентів, що входять до її складу. Основними з них є тимол (від 1,4 до 56,3 %) і карвакрол, а також 1,8-цинеол, гераніол, терпінен, лимонен, ліналоол, мирцен [5, 14, 20].

Зважаючи на це, перспективним є її використання як інгредієнту та натурального консерванту для харчової промисловості, антимікробного засобу в медицині та можливого засобу захисту рослин від хвороб і шкідників. Через високий вміст фенолів ефірна олія виявляє активність проти широкого спектру патогенних, умовно-патогенних мікро-

організмів та грибів [1, 7, 12, 16]. Надземна частина містить також вітаміни С, В₁, В₂ та інші біологічно активні речовини.

Встановлено, що якісний і кількісний склад ефірних олій залежить від ряду факторів, серед яких: різниця в хемотипах, географічне походження зразка, умови та місце вирощування, технології виробництва ефірної олії, зберігання рослинної сировини, а також від того, яка частина рослин використовується [8, 21]. Також вміст та компонентний склад ефірної олії залежать від стадії онтогенезу рослин. Це явище описано також для ряду культур із родини *Lamiaceae* [2, 10].

Ефірна олія монарди вже знайшла застосування в медицині, оскільки має високу бактерицидну, противірусну, протигрибкову, протимікоплазмову та антигельмінтну активність, виявляє імуномодулюючий ефект, антиоксидантну, радіопротекторну, антисклеротичну, десенсибілізуючу, протионкологічну, протизапальну та знеболювальну дію.

Механізм бактерицидної дії монарди на мікробні клітини полягає в порушенні їх оболонки і пригніченні дихання, в результаті чого бактерія гине [10]. Проте фунгіцидні концентрації ефірної олії монарди вивчено недостатньо. Серед міцеліальних грибів увагу дослідників привертають представники роду *Aspergillus* (*A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger*) [9]. Аспергіли є природним компонентом ґрунту, зустрічаються у воді, продуктах харчування, вентиляційних системах, на поверхні листків кімнатних і декоративних рослин.

Стосовно біозахисту рослин від хвороб зростає зацікавленість вивченням впливу олії монарди на збудників фузаріозу, альтернаріозу та інших захворювань. У сприятливі для розвитку альтернаріозу або кладоспоріозу роки на рослинах з'являються плями, що призводять до некрозів і значних втрат насіннєвої продуктивності. Тому пошук нових ефективних та безпечних засобів боротьби з грибними фітопатогенами має велику актуальність для сільськогосподарського виробництва.

Мета дослідження

Мета роботи: Вивчення морфобіологічних особливостей *Monarda fistulosa* L., *M. citriodora* Cerv.ex Lag. та *M. didyma* L., визначення антимікробної та антифугальної активності ефірних олій досліджуваних видів рослин, з'ясування їх впливу на домінуючі фітопатогени насіння сільськогосподарських рослин.

Матеріали і методи

Вивчення морфобіологічних особливостей розвитку рослин монарди дудчастої (*Monarda fistulosa* L.), лимонної (*Monarda citriodora* Cerv.ex Lag) та двійчастої (*Monarda didyma* L.) проводили в умовах СФГ «Світ» Дніпропетровської області в 2021 та 2022 роках.

В якості рослинної сировини використовували надземну частину рослин. В лабораторних умовах кафедри захист рослин Полтавського державного аграрного університету отримували ефірні олії

методом гідродистиляції свіжозібраних у різні фази розвитку рослин [4].

Тест-об'єктами слугували фітопатогенні організми виділені з насіння сої сорту Ворскла під час проведення фітоекспертизи за загальноприйнятою методикою [15]. Кількісний склад мікроміцетів визначався методом роздавленої краплі, а видова приналежність – за визначниками [17].

Для вивчення антибактеріальної активності ефірної олії монарди (ЕОМ) використовували метод серійних макророзведень. В якості тест-культур використовували бактерії *Xantomonas spp.* і *Pseudomonas spp.* Пробірки з розведеннями поміщали в термостат на 24 години при температурі 35°C. Концентрації ЕОМ, при яких не було відзначено росту мікроорганізмів, були визначені як мінімальні бактерицидні концентрації.

Таблиця 1

Морфологічні особливостей досліджуваних видів монарди

Показники	Монарда дудчаста (<i>Monarda fistulosa</i> L.)	Монарда лимонна (<i>Monarda citriodora</i> Серв. Ex Lag.)	Монарда двійчаста (<i>Monarda didyma</i> L.)
Коренева система	кореневище	кореневище	довге повзуче кореневище
Висота рослини	100–110 см	60–90 см	70–150 см
Форма листка	довгасто-яйцеподібна	ланцетна	овальна або яйцеподібна
Довжина листка	4–10 см	3–8 см	6–14 см
Колір листка	зелений з червонуватим або коричневим відтінком	сріблясто-сірий	світло-зелений з добре помітними червоними прожилками
Колір квіток	бузковий	темно-бузковий або світло-ліловий	малиновий або фіолетовий
Розмір квіткі	2–3 см	2–3 см	до 4 см
Аромат	цитрусовий	лимону та м'яти	сильний
Суцвіття	несправжні мутовки, оточені червоними прилистками	мутовки	головчасте
Кількість квіток у суцвітті	230–292	232–270	326–342
Період квітання	червень-липень	червень-серпень	червень-серпень
Кількість насінин в суцвітті	485–585	468–528	650–680

Монарда дудчаста (трубчаста) (*Monarda fistulosa* L.) – багаторічна полікарпічна рослина, вегетаційний період триває 173–230 днів. Стебло розгалужене (до 1,1 м заввишки), округло чотиригранне, голе; починаючи із середини стає опушеним короткими притиснутими волосками. Листки прості, довгасто-яйцеподібні, зубчасті, довжиною до 4–10 см. Квітки дрібні (2–3 см), бузкового кольору, зібрані в пазушні несправжні мутовки, розташовані на кінцях основного та бічних пагонів. На кожному квітконосному пагоні зазвичай розташовано 5–9 суцвіть діаметром 5–7 см. У кожному суцвітті 190–260 квіток.

За нашими спостереженнями, цвітіння настає наприкінці червня – у середині липня, залежно від температурного режиму. Період цвітіння становить від 30 до 50 днів. Насіння на материнській рослині дозріває у 3-й декаді серпня – 1-му тижні вересня.

Монарда лимонна (*Monarda citriodora* Серв. Ex Lag.) – багаторічна трав'яниста рослина з тонким чотиригранним прямостоячим, злегка розгалуженим стеблом. У цього виду листки ланцетної форми злегка опушені, сріблясто-сірого кольору. Суцвіття складені з 5-7 мутовок з дрібними темно-бузковими або світло-ліловими квітками. Зацвітає рослина на початку липня, цвіте рясно до пізніх заморозків. Всі частини рослини мають сильний приємний, трохи пряний аромат.

Антифугальну активність визначали методом паперових дисків на щільному живильному середовищі Чапека. Для скринінгу антигрибкової активності ЕОМ були використані концентрації 1,0; 0,1; 0,01%. Посіви спор грибів родів *Alternaria spp.*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium spp.* інкубували при температурі 26°C протягом 72 годин. Потім визначали діаметр зони затримки росту досліджуваних родів грибів [18].

Результати та їх обговорення

Під час досліджень, протягом періоду вегетації 2021 та 2022 років, проводилося вивчення морфологічних особливостей досліджуваних видів монарди (табл. 1).

Монарда двійчаста (*Monarda didyma* L.) – багаторічна трав'яниста рослина з довгим повзучим кореневищем та прямостоячими, чотиригранними, дрібноопушеними, облісненими стеблами. Листки овальної або яйцеподібної форми. Квітки дрібні (до 4 см), трубчасті, малинового або фіолетового кольору, зібрані в головчасте суцвіття 6–9 см у діаметрі, оточене великими приквітками. За даними Свиденко Л. В., Лібусь О. К., Работягова В. Д. вид зимостійкий та посухостійкий, добре росте на сонячних ділянках та у півтіні [11, 21].

Маса 1000 насінин незалежно від виду монарди в середньому становила 0,8–1,1 г. Крім того, нами визначались якісні показники насіннєвого матеріалу. Слід відмітити, що лабораторна схожість насіння монарди у темряві становила 67%, а на світлі – на 12% більше.

Протягом вегетації проводилося визначення вмісту ефірної олії в надземній масі. З цією метою у фази бутонізація, початок цвітіння, масове цвітіння, початок плодоношення відбиралися проби для подальшого отримання ефірної олії. В результаті досліджень встановлено, що залежно від фази розвитку рослини вміст ефірної олії в лікарській сировині змінюється (рис. 1).

При вивченні динаміки накопичення ефірної олії в надземних органах рослин різних видів монарди нами відмічено, що мінімальний її вміст був у фазу

бутонізації – в середньому за роки досліджень становив 0,33 % не залежно від виду культури. Максимальний вміст ефірної олії відмічався у фазу масового цвітіння, так у *M. fistulosa* – 1,8 %, *M. citriodora* – 1,5 % і *M. didyma* – 1,4 %.

Варто відмітити, що від фази бутонізації до фази початок цвітіння накопичення ефірної олії відбувалося стрибкоподібно, тоді як починаючи з фази

масового цвітіння зниження показника було поступовим. Аналізуючи отримані дані можна відміти, що при вирощуванні культури на ефірну олію доцільно проводити зрізування рослин у фазу масового цвітіння. Порівнюючи динаміку і рівень накопичення ефірної олії у різних видів монарди, необхідно зазначити, що найбільший рівень її вмісту відмічений у *M. fistulosa*.

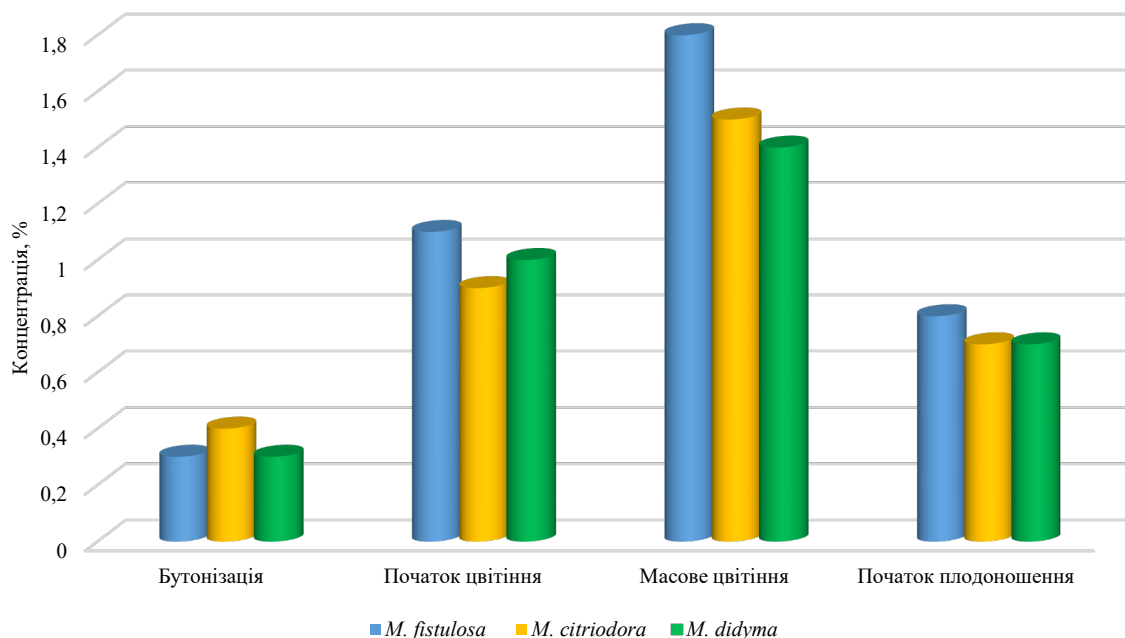


Рис. 1. Вміст ефірної олії в надземній масі досліджуваних видів монарди (середнє за роки досліджень)

Наступним етапом досліджень була оцінка антибактеріальної та антифугальної активності ефірних олій обраних видів монарди щодо виділених нами з насіння сої сорту Ворскла культур фітопатогенних мікроорганізмів: грибів родів *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria* та бактерій родів *Pseudomonas*, *Xantomonas*.

Для визначення антибактеріальної активності, а саме мінімальної пригнічуючої концентрації ефірної олії монарди, використовували метод серійних макророзведень (табл. 2).

Таблиця 2

Антибактеріальна активність ефірних олій монарди

Тест-бактерія	Серійні подвійні розведення (МБК, %)							
	0,25	0,12	0,06	0,03	0,015	0,007*	0,0035	0,0017
Монарда дудчаста								
<i>Xantomonas</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Pseudomonas</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	+
Монарда лимонна								
<i>Xantomonas</i> spp.	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Pseudomonas</i> spp.	-	-	-	-	-	+	+	+
Монарда двійчаста								
<i>Xantomonas</i> spp.	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Pseudomonas</i> spp.	-	-	-	-	-	+	+	+

Примітки: * + наявність росту бактерій;
- відсутність росту бактерій.

Дослідженнями встановлено, що ефірні олії *M. fistulosa*, *M. citriodora*, і *M. didyma* володіють антибактеріальною активністю щодо родів *Xantomonas* і *Pseudomonas*. Проте більш активною у розведеннях від 0,007 % виявилася ефірна олія монарди дудчастої. Так, ріст бактерій роду *Pseudomonas* реєструвався за концентрації 0,0035 %, а роду *Xantomonas* – 0,0017 %.

Антибактеріальна активність ефірних олій монарди лимонної та дудчастої була на одному рівні (табл. 2). Мінімальна пригнічуюча концентрація ефірної олії монарди дудчастої щодо бактерій роду *Pseudomonas* становила 0,007 %, до роду *Xantomonas* – 0,0035%, а монарди лимонної та двійчастої – 0,015 % та 0,007 % відповідно.

В результаті дослідження антифугальної активності ефірної олії монарди дудчастої виявлено негативний вплив на розвиток всіх досліджуваних грибів. Діаметр зони затримки росту відмічався на рівні від 19,7 до 10,1 мм, проте більша ефективність реєструвалася у варіантах з концентраціями 1 % та 0,1 % проти *Alternaria* spp. (19,7 та 18,1 мм) і *Aspergillus* spp. (19,6 та 17,5 мм) (табл. 3). Гриби роду *Fusarium* були менш чутливими до біологічного агенту і діаметр зони затримки росту змінювався від 14,2 мм до 13,8 мм відповідно до концентрацій 1 % та 0,1 %. Зменшення концентрації ефірної олії до 0,01 % призвело до зменшення зони затримки росту: *Alternaria* spp. – 15,5 мм, *Aspergillus* spp. – 15,0 мм, *Fusarium* spp. – 10,1 мм.

Таблиця 3

Антифугальна активність ефірної олії монарди

Тест-культури бактерій	Діаметри зони затримки росту, мм		
	1 %	0,1 %	0,01 %
Монарда дудчаста			
<i>Alternaria</i> spp.	19,7	18,1	15,5
<i>Aspergillus</i> spp.	19,6	17,5	15,0
<i>Fusarium</i> spp.	14,2	13,8	10,1
Монарда лимонна			
<i>Alternaria</i> spp.	16,8	16,2	13,3
<i>Aspergillus</i> spp.	15,3	14,8	12,2
<i>Fusarium</i> spp.	12,6	11,7	9,8
Монарда двійчаста			
<i>Alternaria</i> spp.	16,4	15,9	14,3
<i>Aspergillus</i> spp.	15,5	14,3	13,1
<i>Fusarium</i> spp.	12,5	10,9	10,2

Аналогічна тенденція простежувалася у варіантах з використанням ефірної олії інших видів монарди, однак ступінь вираженості ефекту відрізнявся. Так, фунгістатична дія ефірної олії монарди лимонної проявилася у зменшенні зони затримки росту зі зменшенням концентрації від 1 % до 0,01 % щодо *Alternaria* spp. – з 16,8 мм до 13,3 мм, *Aspergillus* spp. – з 15,3 мм до 12,2 мм, *Fusarium* spp. – з 12,6 мм до 9,8 мм. Найнижчу чутливість досліджувані фітопатогени виявили до ефірної олії монарди двійчастої.

Висновки

Досліджувані види монарди відрізняються за морфометричними параметрами, кольором оцвітіння, запахом, легко культивуються і є перспективними для вирощування в нашій зоні у відкритому ґрунті.

Аналіз динаміки накопичення ефірної олії в надземних органах рослин різних видів монарди показав мінімальний її вміст у фазі бутонізації (в середньому за роки досліджень 0,33 %). Максимальний вміст ефірної олії відмічався у фазі масового цвітіння: у *M. fistulosa* – 1,8 %, *M. citriodora* – 1,5 % і *M. didyma* – 1,4 %.

Виявлено антибактеріальну активність ефірної олії *M. fistulosa*, *M. citriodora*, і *M. didyma* щодо родів *Xantomonas* і *Pseudomonas*. Найбільшою активністю вирізнялася ефірна олія монарди дудчастої.

Всі досліджувані олії володіли певною антифугальною активністю, однак рівень її прояву різнився залежно від виду продуцента та концентрації робочого розчину.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні ефірних олій лікарських рослин перспективних для застосування в біологічному захисті від фітопатогенних організмів.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Adebayo, O., Bélanger, A., & Khanizadeh, S. (2013). Variable inhibitory activities of essential oils of three *Monarda* species on the growth of *Botrytis cinerea*. *Canadian Journal of Plant Science*, 93 (6), 987–995. <https://doi.org/10.4141/cjps2013-044>
- Bodrug, M. V. (1993). *Introduktsiya novikh efiromaslichnikh rastenii v Moldove*. Kishinev: Shtiintsa [in Russian]
- Dayan, F. E., Cantrell, C. L., & Duke, S. O. (2009). Natural products in crop protection. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 17 (12), 4022–4034. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2009.01.046>
- Derzhavna farmakopeia Ukrainy. (2001). Kharkiv: RIREH [in Ukrainian]
- Grzeszczuk, M., Wesołowska, A., & Stefaniak, A. (2020). Biological value and essential oil composition of two *Monarda* species flowers. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 19 (4), 105–119. <https://doi.org/10.24326/asphc.2020.4.10>
- Gwinn, K. D., Greene, S. E., Trently, D. J., Ownley, B. H. & Hamilton, S. L. (2003). Monarda: a new control strategy. *Proceedings of the Southern Nurseryman's Association Research Conference*, 48, 208–211.
- Gwinn, K. D., Ownley, B. H., Greene, S. E., Clark, M. M., Taylor, C. L., Springfield, T. N., Trently, D. J., Green, J. F., Reed, A., & Hamilton, S. L. (2010). Role of essential oils in control of Rhizoctonia damping-off in tomato with bioactive monarda herbage. *Phytopathology*, 100 (5), 493–501. <https://doi.org/10.1094/phyto-100-5-0493>
- Ianchenko, I. A. (2016). Vplyv sortovykh osoblyvostei monardy dviichastoi na vykhid efirnoi olii z roslynnoi syrovyny u Pivdennomu stepu Ukrainy. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 1, 54–58. [in Ukrainian]
- Kinash, O. V., Lisachenko, O. D., & Kupriyan, K. V. (2018). Fungicidal and inhibitory effects of of monarda fistulosa essential oil and eugenol against fungi of *Aspergillus* genus. *World of Medicine and Biology*, 14 (63), 169. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2017-4-62-169-173>
- Kovalenko, N. P., Sherstiuk, O. L., & Lebedieva, A. H. (2015). Likuvalni vlastyosti efirnoi olii Monarda fistulosa. *Problemy vidvorennya ta okhorony bioriznomanittia Ukrainy: Materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii (16 kvitnia 2015 r.)*. (pp. 99–101). Poltava [in Ukrainian]
- Libus, O. K. (red.). (2004). Monarda dudchataya *Monarda fistulosa* L. Efiromaslichnie i pryanoaromaticheskie rasteniya: nauchno – populyarnoe izdanie. (pp. 184–189). Kherson: Ailant [in Russian]
- Lu, Z. G., Li, X. H., & Li, W. (2011). Chemical composition of antibacterial activity of essential oil from *Monarda citriodora* flowers. *Advanced Materials Research*, 183–185, 920–923. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.183-185.920>
- Lupashku, G. A., Chekirlan, A. G., Dragalin, I. P., & Lupashku, L. F. (2019). Vliyanie efirnikh masel koriandra (*Coriandrum sativum* L.) na fitopatogennye mikroorganizmy v chistoi kulture. *Lekarstvennoe rastenievodstvo: ot opita proshlogo k sovremennim tekhnologiyam. Materiali sedmoi Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, (maya 2019, Poltava)*. (pp. 151–153) [in Russian]
- Memar, M. Y., Raei, P., Alizadeh, N., Akbari Aghdam, M., & Kafil, H. S. (2017). Carvacrol and thymol: strong antimicrobial agents against resistant isolates. *Reviews in Medical Microbiology*, 28 (2), 63–68. <https://doi.org/10.1097/mrm.0000000000000100>
- DSTU 2240-93. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy. Chynnyi vid 1994-07-01*. (1994). Kyiv [in Ukrainian]
- Pandey, A. K., Kumar, P., Singh, P., Tripathi, N. N., & Bajpai, V. K. (2017). Essential oils: sources of antimicrobials and food preservatives. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02161>

17. Petrenkova, V. P., Cherniaieva, I. M., Markova, T. Yu., Chernobai, L. M., Borovska, I. Yu., & Sokol, T. V. (2004). *Nasinnieva infektsiia polovykh kultur*. Kharkiv: Mahda LTD [in Ukrainian]
18. Polianska, V. P., Kinash, O. V., Kovalenko, N. P., & Sarhosh, O. V. (2015). Vyznachennia minimalnoi prykhichuiuchoi konsentratsii efirnoi olii *Monarda fistulesa* dlia kultury hrybiv vydu *Aspergillus fumigatus*. *Svit Medytsyny ta Biolohii*, 2 (49), 150–153. [in Ukrainian]
19. Pospelova, G. D., Kovalenko, N. P., Barabolya, O. V., & Zdor, V. M. (2020). Analysis of phyto-pathogenic condition of medicinal plants and prospects of using bio-control in protection system. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 79–87. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.10>
20. Shanaida, M. I., Svydenko, L. V., Hvozdyk, N. V., & Hudz, N. I. (2021). Chromatographic analysis of essential oils obtained from the lemon beebalm herb in the different vegetation phases. *Pharmaceutical Review Farmaceutičnij Časopis*, 1, 23–32. <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2021.1.11936>
21. Svydenko, L. V. (2008). Vychennia efirooliinosti *Monarda fistulosa* L. *Chornomorskyi Botanichnyi Zhurnal*, 1, 61–66. [in Ukrainian]

ORCID

N. Kovalenko  <https://orcid.org/0000-0001-5998-1745>
G. Pospelova  <https://orcid.org/0000-0002-8030-1166>



2023 Kovalenko N. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.